



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109238553 A
(43)申请公布日 2019.01.18

(21)申请号 201811212878.6

(22)申请日 2018.10.18

(71)申请人 中国科学院力学研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72)发明人 王静竹 王一伟 杜特专 黄荐
黄晨光

(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390
代理人 胡剑辉

(51)Int.Cl.
G01L 11/02(2006.01)

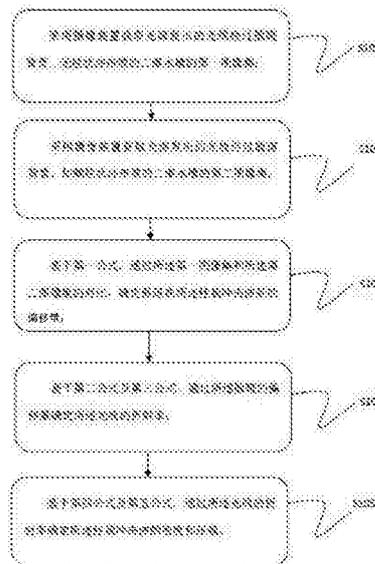
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种针对水中柱状冲击波的压强分布测量方法

(57)摘要

本发明公开了一种针对水中柱状冲击波的压强分布测量方法,柱状冲击波为二维冲击波,采用摄像装置获取光源发出的光线经过散斑背景、无柱状冲击波的二维水槽的第一图像集;采用摄像装置获取光源发出的光线经过散斑背景、加载柱状冲击波的二维水槽的第二图像集;基于第一公式,通过第一图像集和第二图像集的对比确定背景散斑在柱状冲击波处的偏移量;基于第二公式及第三公式,通过散斑的偏移量确定光线折射率;基于第四公式及第五公式,通过光线折射率确定柱状冲击波的密度和压强;本发明不仅可以得到小范围内冲击波传播的压强分布,而且利用较少的光学设备,可以达到观察冲击波传播的目的。



1. 一种针对水中柱状冲击波的压强分布测量方法,其特征在于包括如下步骤:

采用摄像装置获取光源发出的光线经过散斑背景、无柱状冲击波的二维水槽的第一图像集;

采用摄像装置获取光源发出的光线经过散斑背景、加载柱状冲击波的二维水槽的第二图像集;

基于第一公式,通过所述第一图像集和所述第二图像集的对比确定散斑在所述柱状冲击波处的偏移量;

基于第二公式及第三公式,通过所述散斑的偏移量确定所述光线的折射率;

基于第四公式及第五公式,通过所述光线折射率确定所述柱状冲击波的密度和压强。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述柱状冲击波为二维冲击波。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一公式如下:

$$\begin{pmatrix} \sum (f_{ijk})_x^2 & \sum (f_{ijk})_y (f_{ijk})_x \\ \sum (f_{ijk})_y (f_{ijk})_x & \sum (f_{ijk})_y^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x / \Delta t \\ \Delta y / \Delta t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sum (f_{ijk})_x (f_{ijk})_t \\ -\sum (f_{ijk})_y (f_{ijk})_t \end{pmatrix},$$

所述第一公式中的 Δx 和 Δy 分别是在水平和垂直方向上的所述散斑的偏移量, Δt 为两张连可视化图像的时间间隔, f_{ijk} 是第 k 图像帧中第 i 行和第 j 列的交叉处的图像亮度, $(f_{ijk})_x$, $(f_{ijk})_y$, $(f_{ijk})_t$ 分别是 x , y , t 相对应的图像亮度偏导数。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第二公式如下:

$$\Delta x = \frac{Z_D f}{Z_B} \frac{1}{n_0} n_x,$$

所述第三公式如下:

$$\Delta y = \frac{Z_D f}{Z_B} \frac{1}{n_0} n_y,$$

所述第二公式和第三公式中的 Z_D 为所述散斑背景到所述柱状冲击波圆心的距离, Z_B 为所述散斑背景到所述摄像装置的镜头的距离, f 为所述摄像装置的镜头焦点距离。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第四公式如下:

$$\frac{(n^2 - 1)}{\rho(n^2 + 2)} = \text{constant},$$

所述第五公式如下:

$$P = (P_0 + B) \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^\gamma - B,$$

所述第四公式和第五公式中的 P 为柱状冲击波的压强, ρ 为柱状冲击波密度, $B = 2963 \text{bar}$, $\gamma = 7.415$, $P_0 = 1.03 \text{bar}$ 。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述散斑背景至少包括下列之一:
有规则斑点、无规则斑点、格子形状和条纹形状。

一种针对水中柱状冲击波的压强分布测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及压强分布测量领域,特别是一种针对水中柱状冲击波的压强分布测量方法。

背景技术

[0002] 水中冲击波是指当液体介质中压强、密度和温度在波阵面上发生突跃变化的压缩波。

[0003] 由于水的压缩性比较低,冲击波在水中的脉宽值比较窄,常温下,冲击波在水中的传播速度大于等于1500mm/s,所以测量水中冲击波需要高频响、高分辨率的压强传感器,对于水中冲击波单点的测量,目前使用比较多的是PVDF(聚偏氟乙烯)针式传感器、膜式水听器和光导纤维水听器,在多点测量甚至是对冲击波压强分布测量的情况,传统的测量方法需要用多个压强传感器,如果是在比较小的空间里,布置多个压强传感器是比较困难的。

发明内容

[0004] 本发明要解决的问题是能够测量在小范围内冲击波传播的压强分布和观察冲击波传播的图像。

[0005] 为了解决上述问题,本发明提供了一种针对水中柱状冲击波的压强分布测量方法,该方法包括如下步骤:

[0006] 采用摄像装置获取光源发出的光线经过散斑背景、无柱状冲击波的二维水槽的第一图像集;

[0007] 采用摄像装置获取光源发出的光线经过散斑背景、加载柱状冲击波的二维水槽的第二图像集;

[0008] 基于第一公式,通过所述第一图像集和所述第二图像集的对比确定散斑在所述柱状冲击波处的偏移量;

[0009] 基于第二公式及第三公式,通过所述散斑的偏移量确定所述光线折射率;

[0010] 基于第四公式及第五公式,通过所述光线折射率确定所述柱状冲击波的密度和压强。

[0011] 进一步地,所述柱状冲击波为二维柱状冲击波。

[0012] 进一步地,所述第一公式如下:

$$[0013] \begin{pmatrix} \sum (f_{ijk})_x^2 & \sum (f_{ijk})_y (f_{ijk})_x \\ \sum (f_{ijk})_y (f_{ijk})_x & \sum (f_{ijk})_y^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x / \Delta t \\ \Delta y / \Delta t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sum (f_{ijk})_x (f_{ijk})_t \\ -\sum (f_{ijk})_y (f_{ijk})_t \end{pmatrix}$$

[0014] 进一步地,所述第一公式中的 Δx 和 Δy 分别是在水平和垂直方向上的散斑的偏移量, Δt 为高速摄像机记录的两张连可视化图片的时间间隔,计算散斑位移时, Δt 取值为1, f_{ijk} 是第k图像帧中第i行和第j列的交叉处的图像亮度, $(f_{ijk})_x$, $(f_{ijk})_y$, $(f_{ijk})_t$ 分别是x,y,t图像亮度的偏导数。

[0015] 进一步地,所述第二公式如下:

$$[0016] \quad \Delta x = \frac{Z_D f}{Z_B} \frac{1}{n_0} n_x,$$

[0017] 所述第三公式如下:

$$[0018] \quad \Delta y = \frac{Z_D f}{Z_B} \frac{1}{n_0} n_y,$$

[0019] 进一步地,所述第二公式和第三公式中的 Z_D 为散斑背景到柱状冲击波圆心的距离, Z_B 为散斑背景到相机镜头的距离, f 为镜头的焦点距离。

[0020] 进一步地,所述第四公式和第五公式如下:

$$[0021] \quad \frac{(n^2 - 1)}{\rho(n^2 + 2)} = \text{constant}$$

[0022] 所述第五公式如下:

$$[0023] \quad P = (P_0 + B) \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^\gamma - B$$

[0024] 进一步地,所述第四公式和第五公式中 P 为柱状冲击波的压强, ρ 为柱状冲击波的密度, $B=2963\text{bar}$, $\gamma=7.415$, $P_0=1.03\text{bar}$ 。

[0025] 本发明所达到的有益效果是:本发明为一种针对水中柱状冲击波的压强分布测量方法,主要是测量二维柱状冲击波的压强分布,首先通过摄像装置获取散斑背景在柱状冲击波处发生偏移过程的图像,基于第一公式确定散斑背景的偏移量;根据散斑背景的偏移量,确定光线的折射率,根据光线折射率进一步确定柱状冲击波的密度和压强;其中,图像处理方法是采用光流法中的时空间法,该方法与PIV中粒子图像处理方法相比,可以更精确的处理水中冲击波导致的小于一个像素的散斑偏移,另一方面,本发明中的压强分布测量方法,利用较少的光学设备,还可以达到观察冲击波传播的目的。

附图说明

[0026] 图1是本发明实施例提供的一种针对水中柱状冲击波的压强分布测量方法流程图;

具体实施方式

[0027] 为使本发明实施例的目的、技术方案和有点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方法进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动成果前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0028] 本实施例主要使用的实验设备包括:光源、散斑背景和高速摄像机。

[0029] 图1为本发明实施例提供的一种针对水中柱状冲击波的压强分布测量方法的流程图,该方法具体包括:

[0030] S101、采用摄像装置获取光源发出的光线经过散斑背景、无柱状冲击波的二维水

槽的第一图像集；

[0031] 高速摄像机获取光源发出的光线经过散斑背景、无柱状冲击波的二维水槽时的图像。

[0032] S102、采用摄像装置获取光源发出的光线经过散斑背景、加载柱状冲击波的二维水槽的第二图像集；

[0033] 冲击波的产生方法有很多种，例如激光、水中爆炸、水中放电等，在本实施例中，是采用水中放电产生的冲击波进行实验的。

[0034] 首先，在二维水槽产生冲击波后，由于二维水槽中柱状冲击波处的密度变化，光线经过柱状冲击波时发生折射，从而使散斑发生偏移。

[0035] 此时，高速摄像机获取光源发出的光线经过散斑背景、产生柱状冲击波的二维水槽的图像。

[0036] S103、基于第一公式，通过第一图像集和第二图像集的对比，确定散斑在柱状冲击波处的偏移量；

[0037] 根据第一公式，对S101与S102中的图像进行处理和计算，可以得出散斑在柱状冲击波处的偏移量。

[0038] 其中第一公式如下：

$$[0039] \begin{pmatrix} \sum (f_{ijk})_x^2 & \sum (f_{ijk})_y (f_{ijk})_x \\ \sum (f_{ijk})_y (f_{ijk})_x & \sum (f_{ijk})_y^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x / \Delta t \\ \Delta y / \Delta t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sum (f_{ijk})_x (f_{ijk})_t \\ -\sum (f_{ijk})_y (f_{ijk})_t \end{pmatrix}$$

[0040] 第一公式中的 Δx 和 Δy 分别是在水平和垂直方向上的散斑位移， Δt 为高速摄像机获取的两张连续可视化图像的时间间隔，计算散斑的偏移量时， Δt 取值为1， f_{ijk} 是第k图像帧中第i行和第j列的交叉处的图像亮度， $(f_{ijk})_x$ ， $(f_{ijk})_y$ ， $(f_{ijk})_t$ 分别是x，y，t图像亮度的偏导数。

[0041] S105、基于第二公式及第三公式，通过散斑的偏移量确定光线折射率；

[0042] 其中第二公式如下：

$$[0043] \Delta x = \frac{Z_D f}{Z_B} \frac{1}{n_0} n_{x_i}$$

[0044] 第三公式如下：

$$[0045] \Delta y = \frac{Z_D f}{Z_B} \frac{1}{n_0} n_{y_i}$$

[0046] 第二公式和第三公式中的 Z_D 为散斑背景到柱状冲击波圆心的距离， Z_B 为散斑背景到高速摄像机的镜头的距离， f 为高速摄像机镜头的焦点距离。

[0047] S106、基于第四公式及第五公式，通过光线折射率确定柱状冲击波的密度和压强；

[0048] 其中第四公式如下：

$$[0049] \frac{(n^2 - 1)}{\rho(n^2 + 2)} = \text{constant}$$

[0050] 第五公式如下：

$$[0051] \quad P = (P_0 + B) \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^\gamma - B$$

[0052] 第四公式和第五公式中P为柱状冲击波的压强， ρ 为柱状冲击波的密度， $B = 2963\text{bar}$ ， $\gamma = 7.415$ ， $P_0 = 1.03\text{bar}$ 。

[0053] 本发明中的柱状冲击波为二维柱状冲击波。

[0054] 本发明中的散斑背景不仅仅是包括有规则和无规则斑点的背景，同时也包括其他样式的背景，如格子形状，条纹形状等。

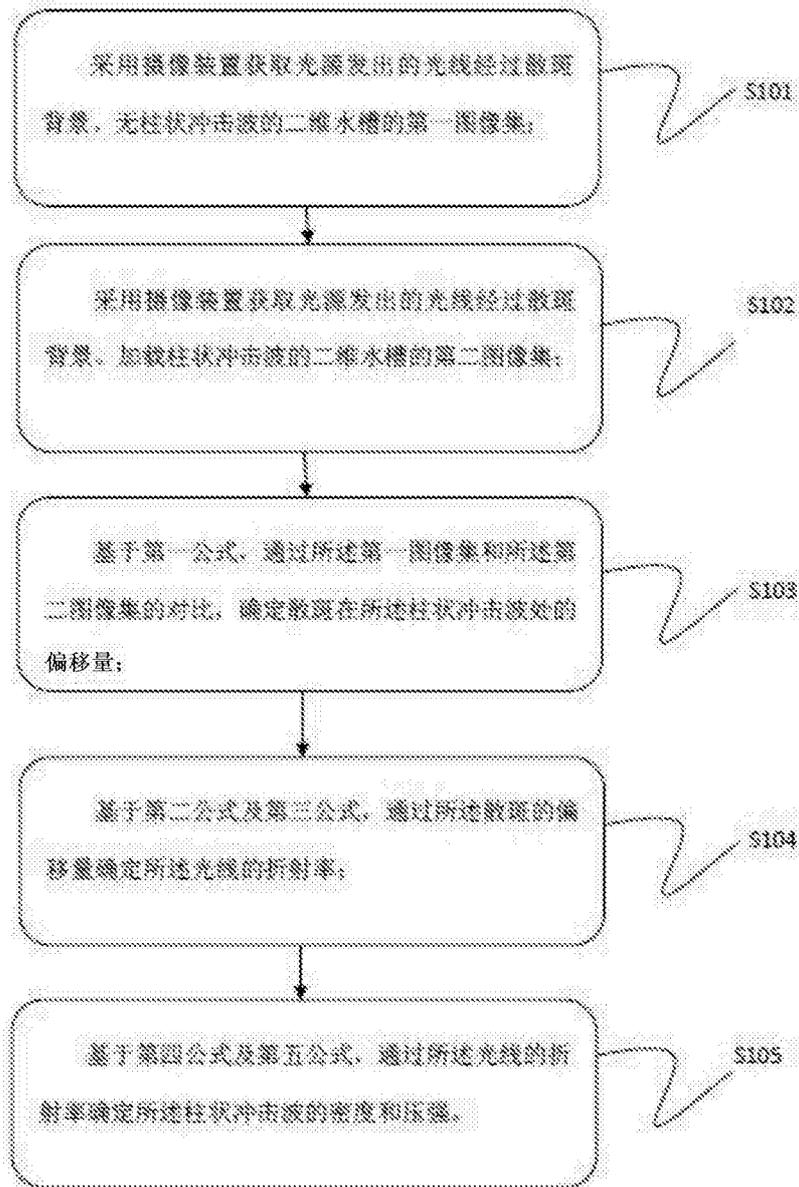


图1